

Sistema de Información sobre Sequías para el sur de Sudamérica



Sistema de Informações sobre Secas
no Sul da América do Sul

Generación de series sintéticas diarias de variables meteorológicas para la caracterización de amenazas climáticas

Con apoyo del Programa de Bienes Públicos Regionales
del Banco Interamericano de Desarrollo



Agenda del día

Webinario		
Hora (UTC-3)		
10:00 AM	Bienvenida y presentaciones (5 minutos)	Marinés Campos (CRF OMM) Cecilia Hidalgo (SISSA)
10:05 AM	Descripción del generador estocástico GAMWGEN (45 minutos)	Alessio Bocco (SISSA) Daniel Bonhaure (SISSA)
10:50 AM	Preguntas y respuestas (15 minutos)	
11:05 AM	Intervalo (15 minutos)	
11:20 AM	Ejemplos de aplicación del generador estocástico GAMWGEN (45 minutos)	Alessio Bocco (SISSA) Daniel Bonhaure (SISSA)
12:05 AM	Preguntas y respuestas (15 minutos)	
12:20 AM	Cierre	

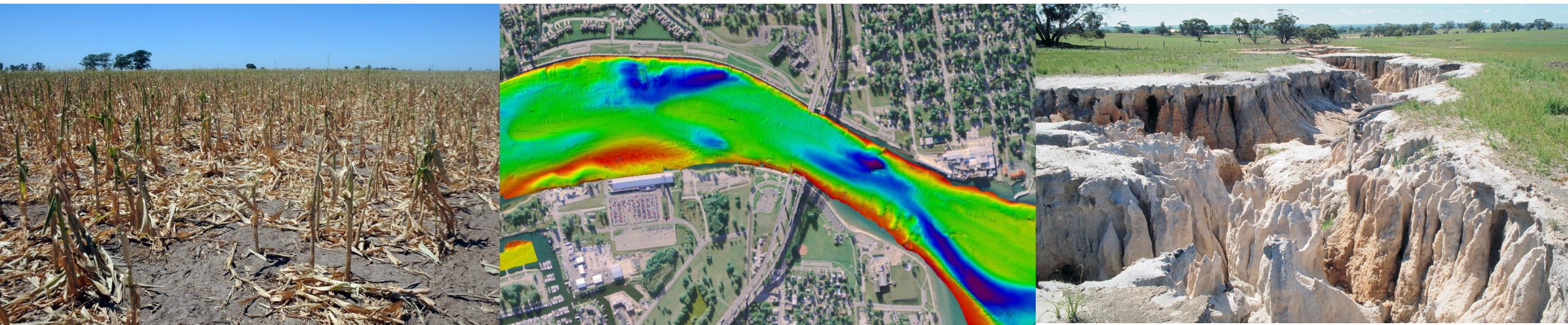
- Repositorio del Generador
 - Dirección: <https://github.com/CRC-SAS/weather-generator>
- Documentos:
 - Presentación: .pdf
 - Demostración y ejemplos: .Rmd (Markdown).
 - Manual completo del generador: .Rmd
- Código R de generador y validación gráfica de series
 - Baja desde GitHub
 - Instalar desde en Sesión de R (`install_github()`)

Contenido

- Motivación
- Introducción al generador
- Descripción de modelo para generación
 - Temperaturas: máxima y mínima
 - Precipitación: ocurrencia y montos
- Tipos de series sintéticas
- Validación de series sintéticas
- Ejemplos de aplicación

Motivación

- Escasa cobertura espacial de la red de observaciones meteorológicas y series generalmente cortas.
- Los generadores climáticos estocásticos (GCE) son modelos estadísticos que simulan secuencias de variables meteorológicas **con propiedades estadísticas similares a las series observadas**.
- Computacionalmente muy eficientes, se pueden generar miles de años sintéticos en poco tiempo.
- Muy útiles para caracterización de amenazas y riesgos climáticos.



Motivación

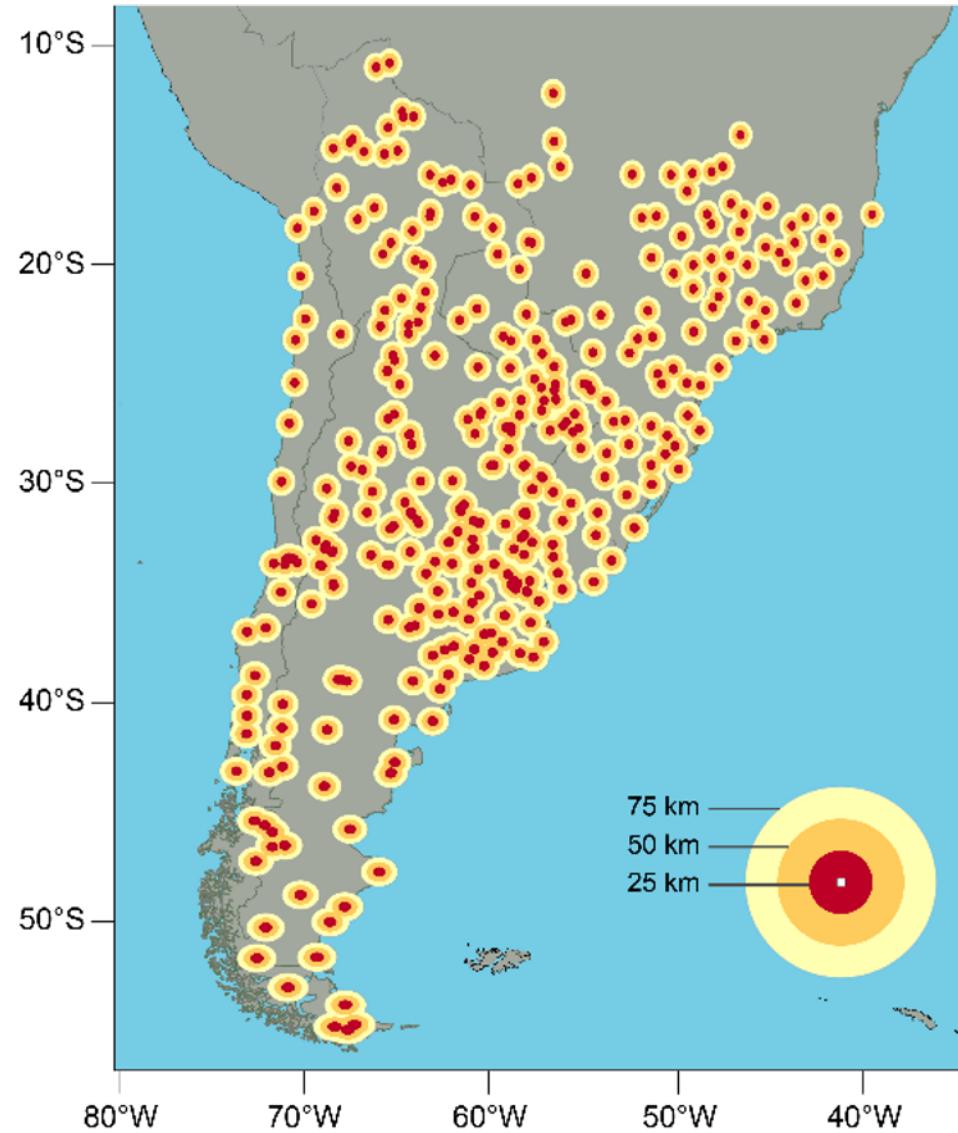
Series históricas

Generador estocástico

Series sintéticas



Motivación



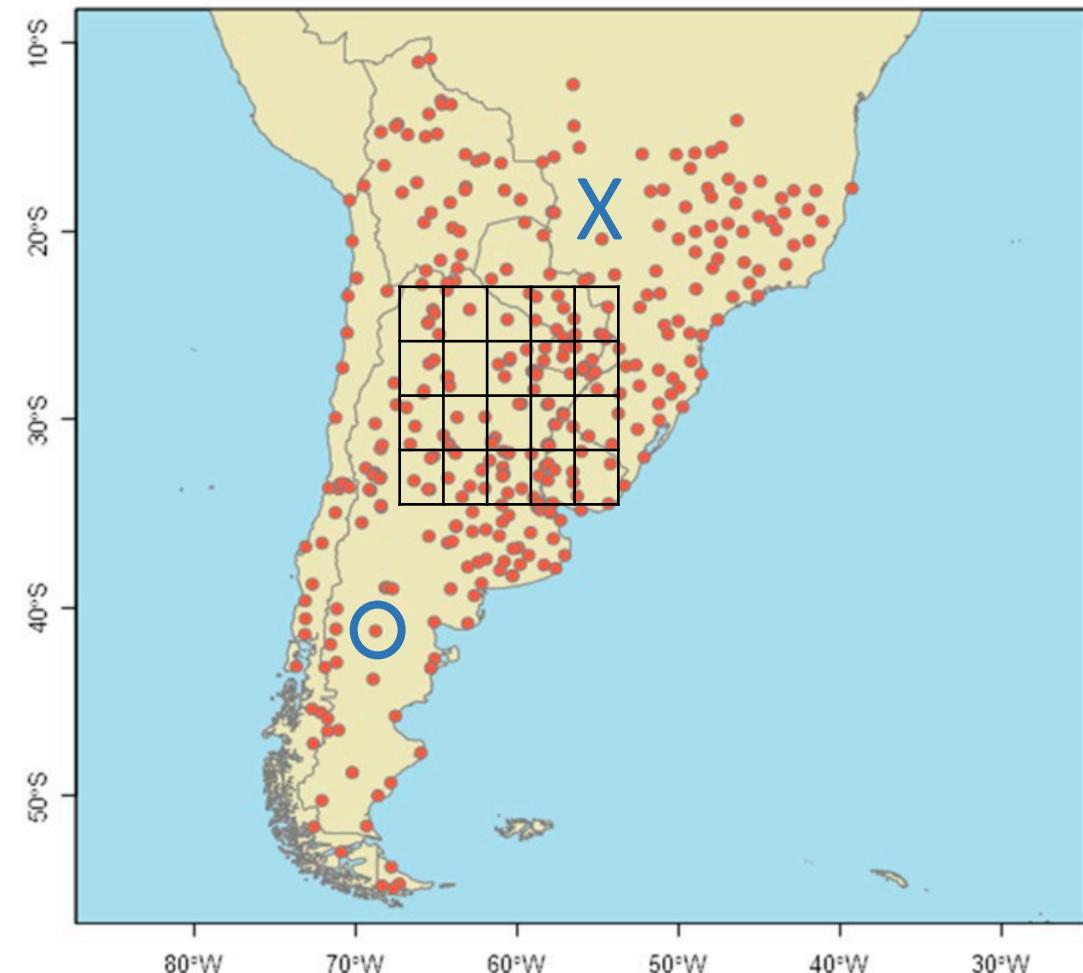
Tipos de series sintéticas

- Características espaciales:

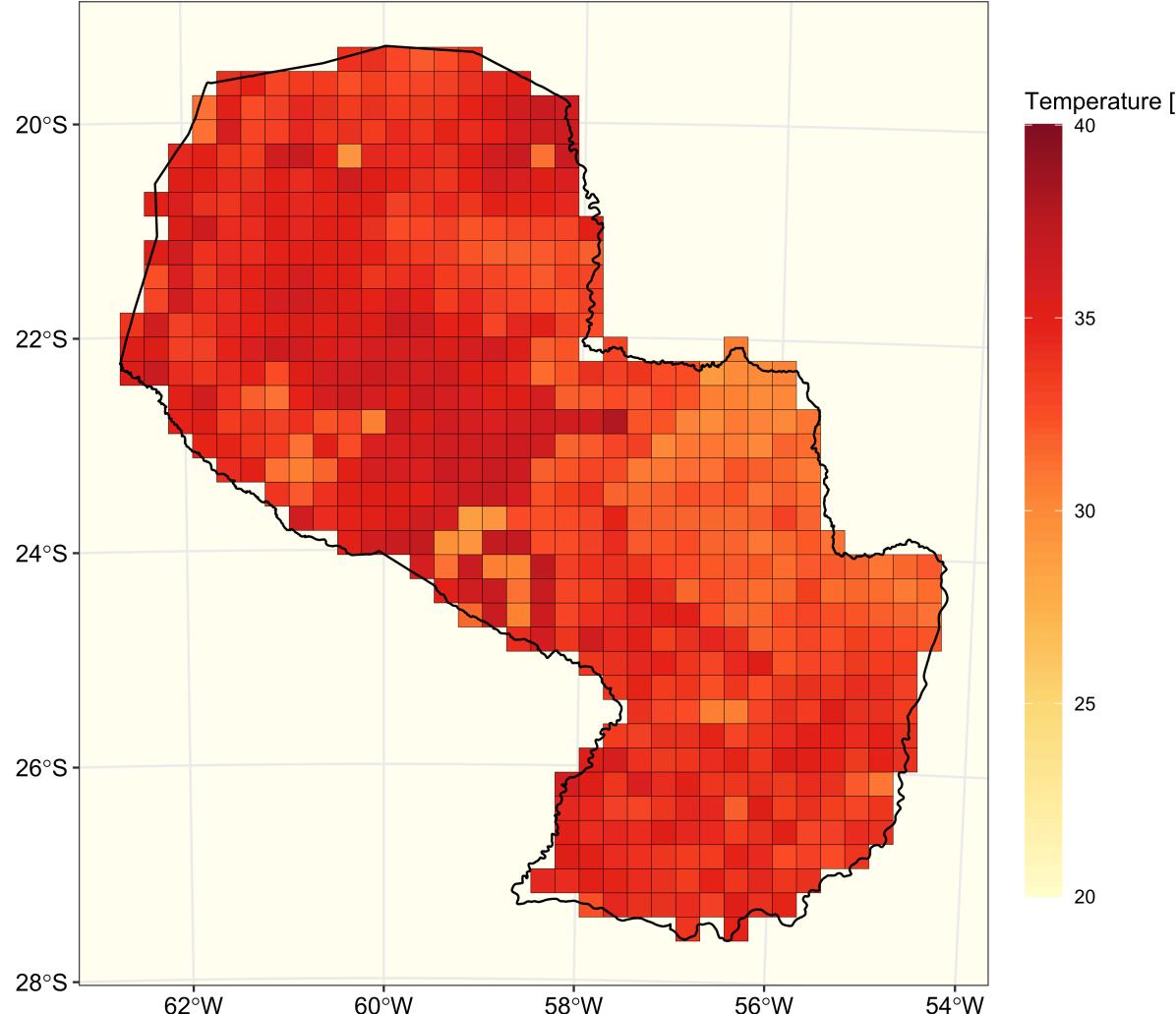
- En estaciones meteorológicas
- En sitios puntuales
- Grilla regular

- Características temporales:

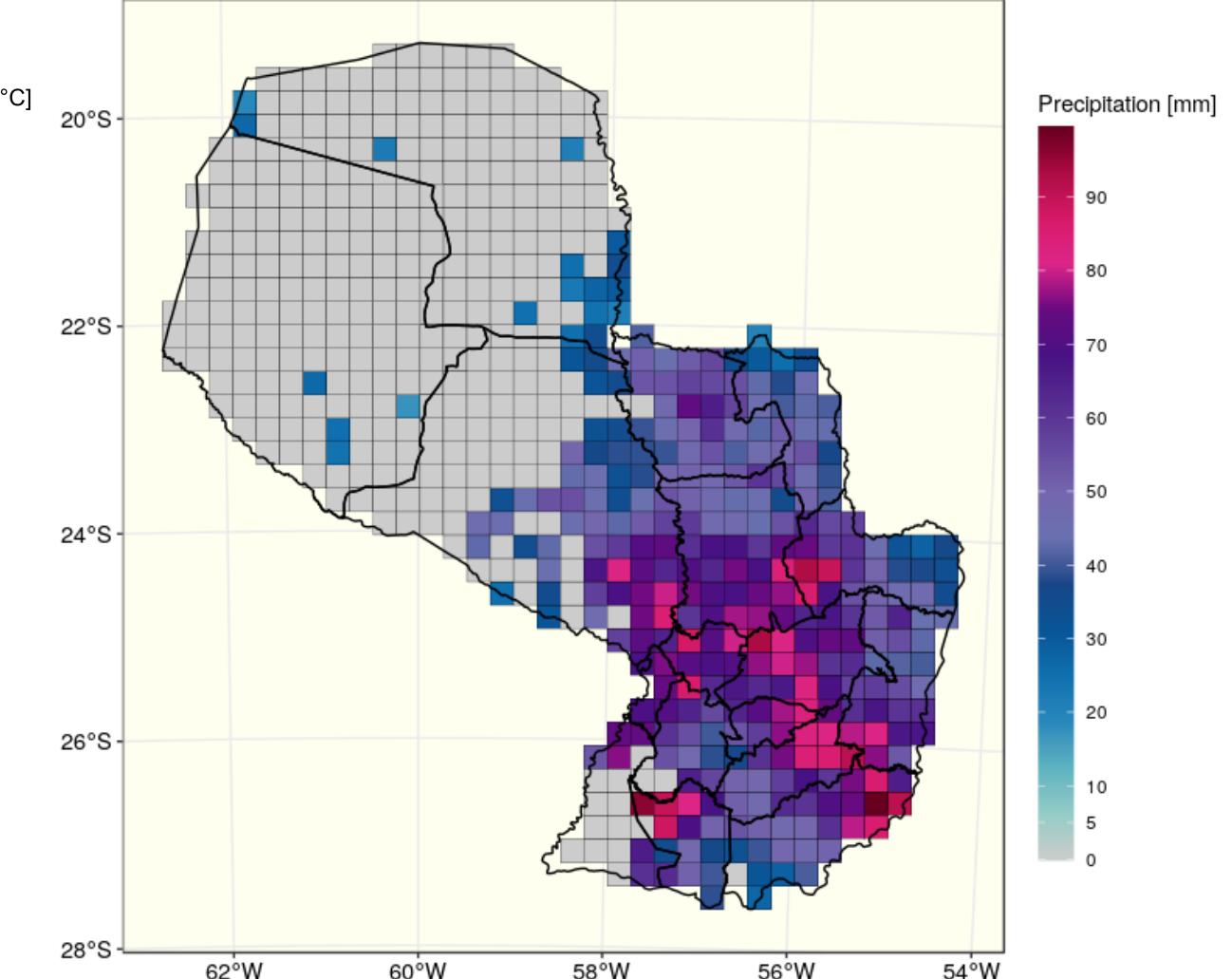
- Series no condicionadas: sin variabilidad de baja frecuencia
- Series pseudo históricas: con variabilidad de baja frecuencia
- Series condicionadas: pronósticos o proyecciones



Date: 2000-01-01

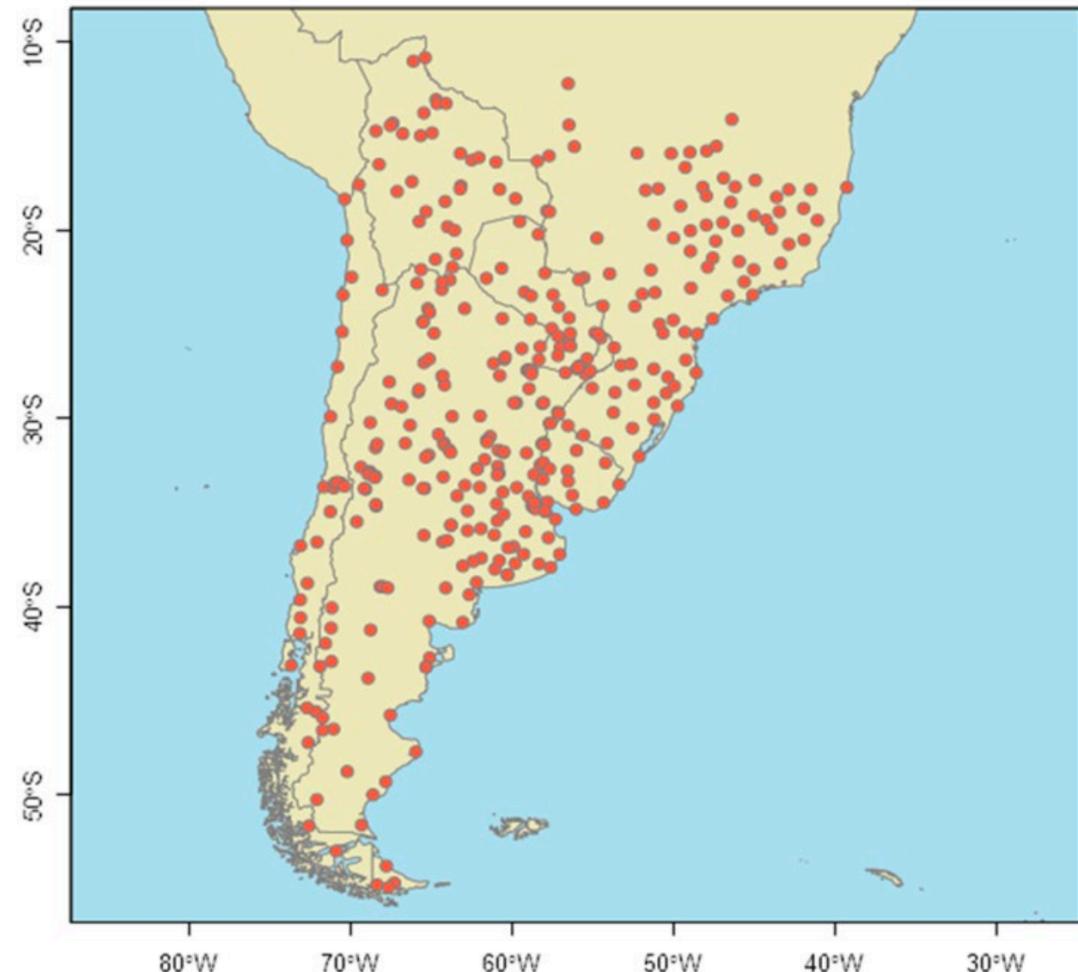


Date: 2000-01-02

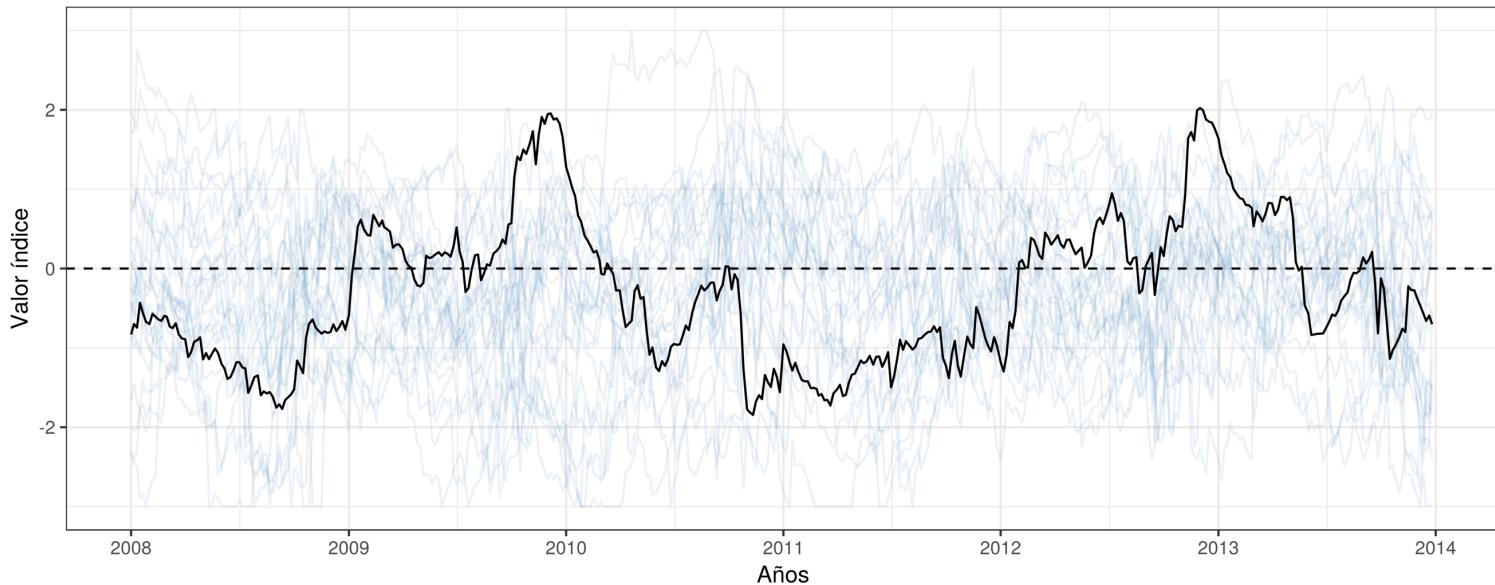


Tipos de series sintéticas

- Características espaciales:
 - En estaciones meteorológicas
 - En sitios puntuales
 - Grilla regular
- Características temporales:
 - Series no condicionadas: sin variabilidad de baja frecuencia
 - Series *pseudohistóricas*: con variabilidad de baja frecuencia
 - Series condicionadas: pronósticos o proyecciones

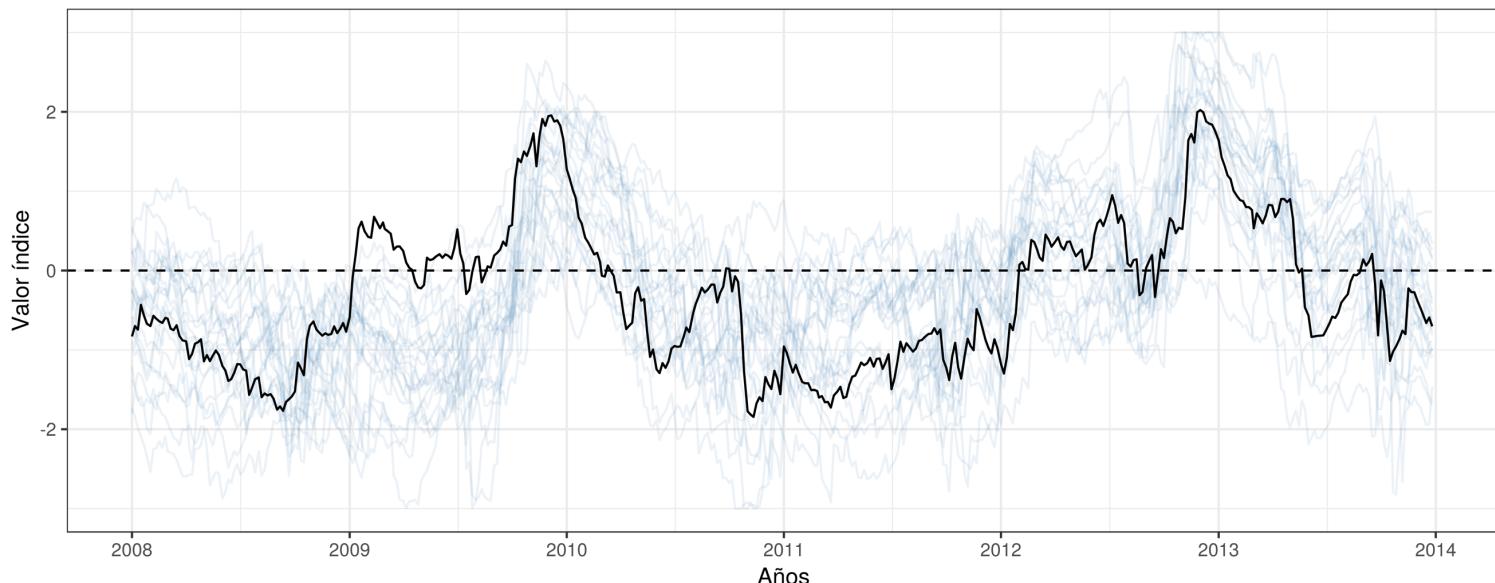


Series estacionarias



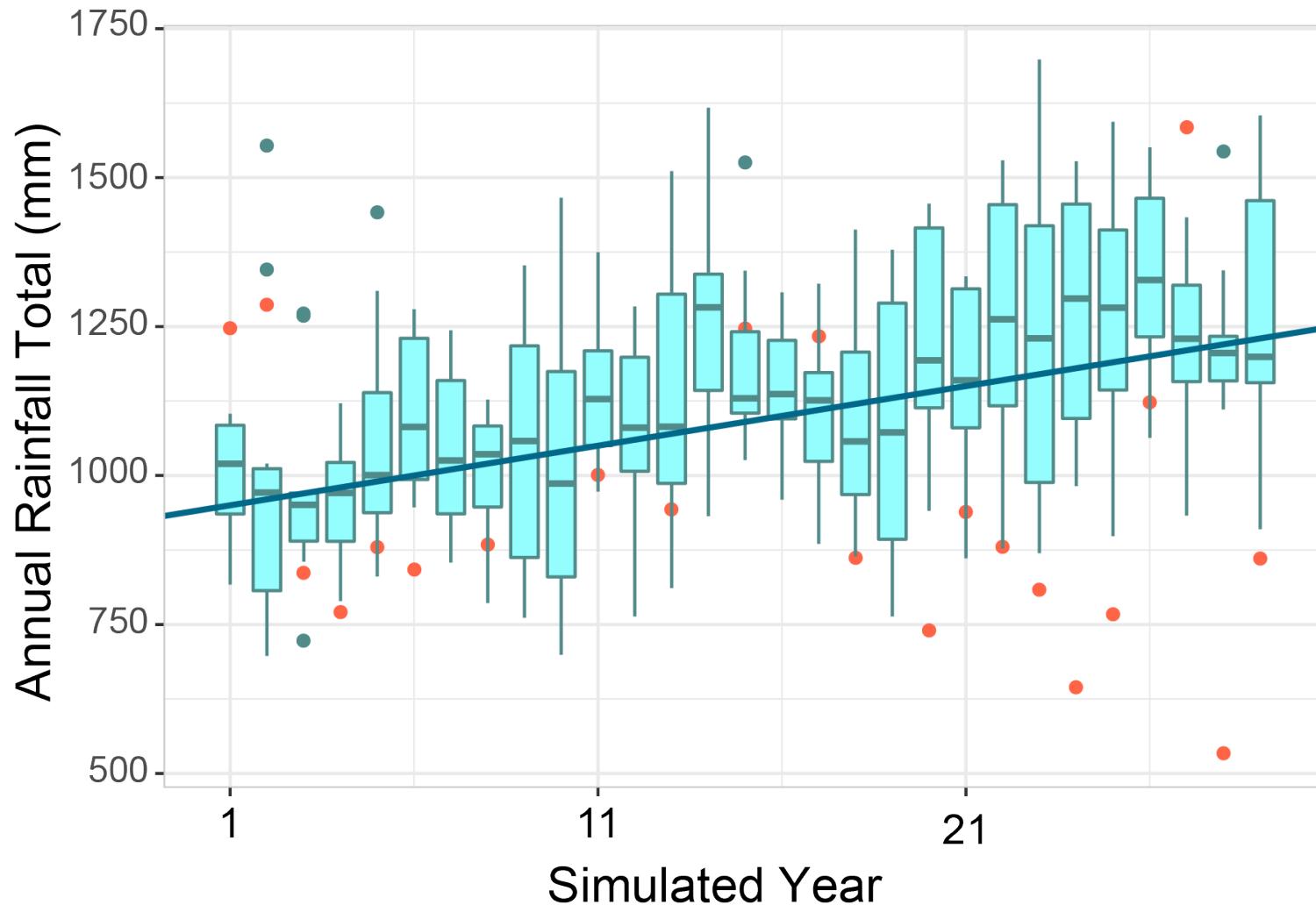
Series completamente aleatorias

Series condicionadas



Series que siguen una trayectoria natural o inducida

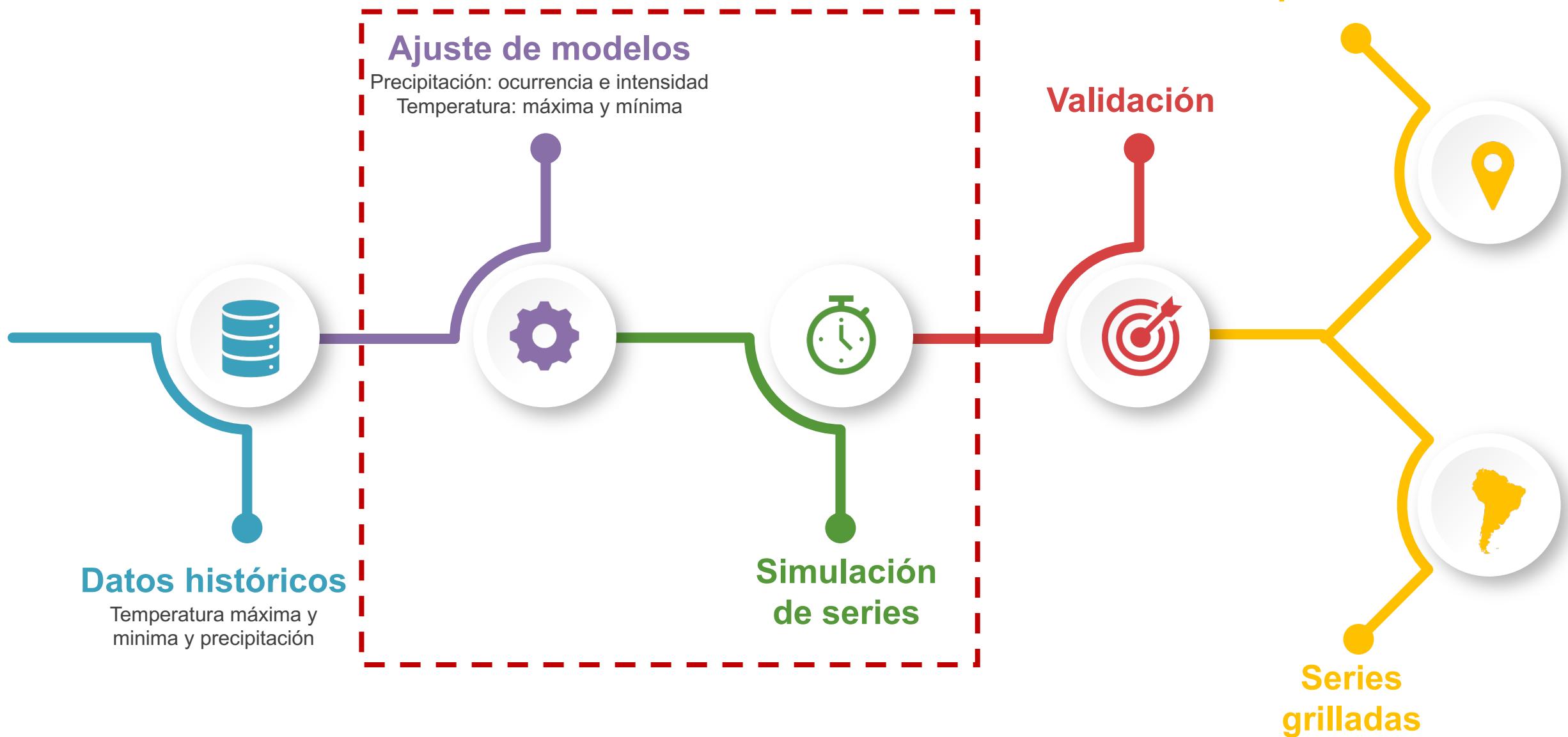
Series condicionadas a tendencias



Contenido

- Motivación
- Introducción al generador
- Descripción de modelo para generación
 - Temperaturas: máxima y mínima
 - Precipitación: ocurrencia y montos
- Tipos de series sintéticas
- Validación de series sintéticas
- Ejemplos de aplicación

Generador estocástico



Metodología: Fundamentos

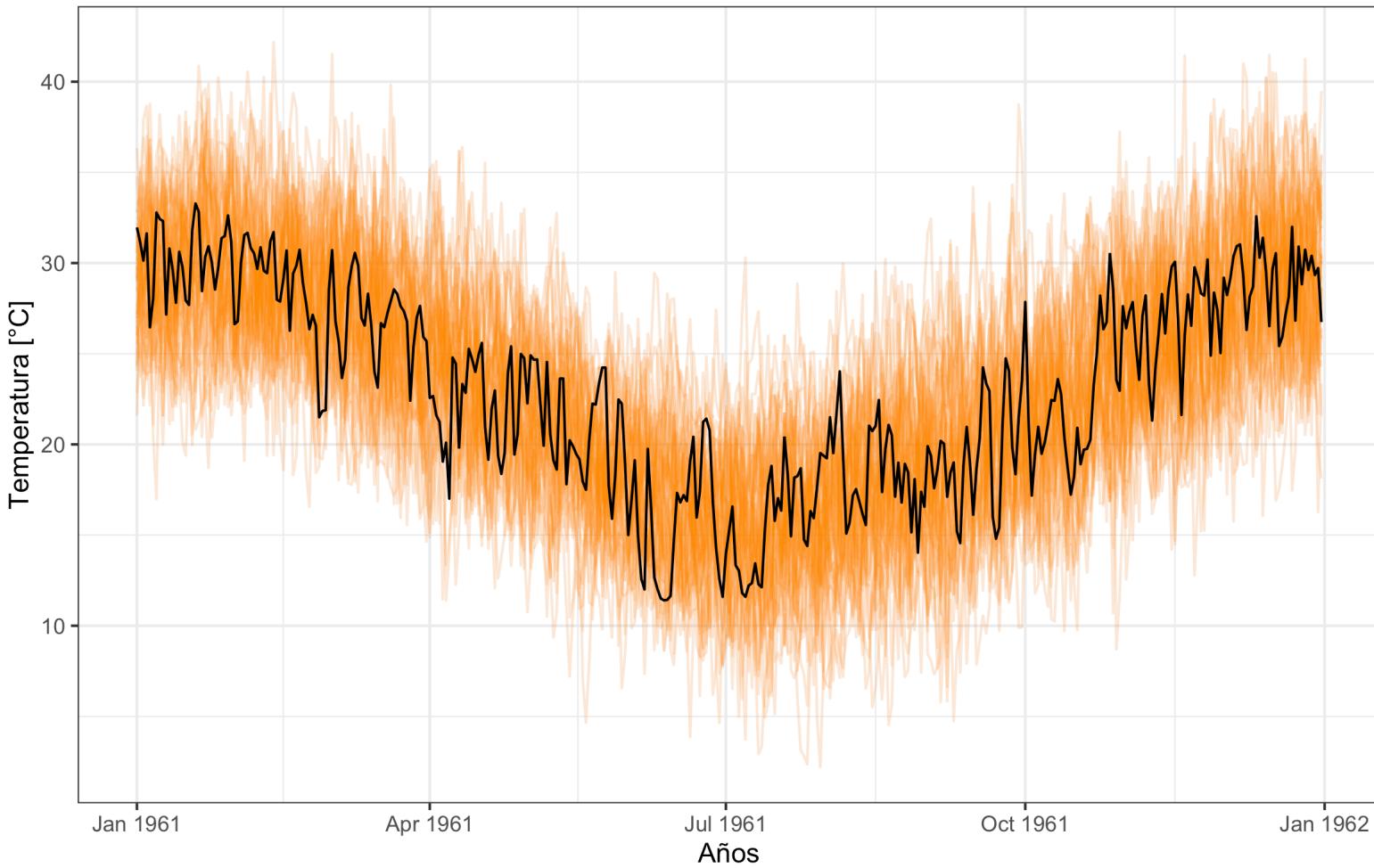
$$X_{i,s} = \boxed{\text{clima local}} + \boxed{\text{tiempo local}}$$

↓ ↓
Modelo estadístico Modelo estocástico

- $X_{i,s}$ corresponde al valor de la variable X en el día i en la localidad s ;
- *clima local* corresponde a un valor medio de la variable para el día i en la localidad s ; y
- *tiempo local* corresponde a un estado particular de la atmósfera en el día i en la localidad s .

Temperatura máxima simulada para el año 1961

Estación: 87548

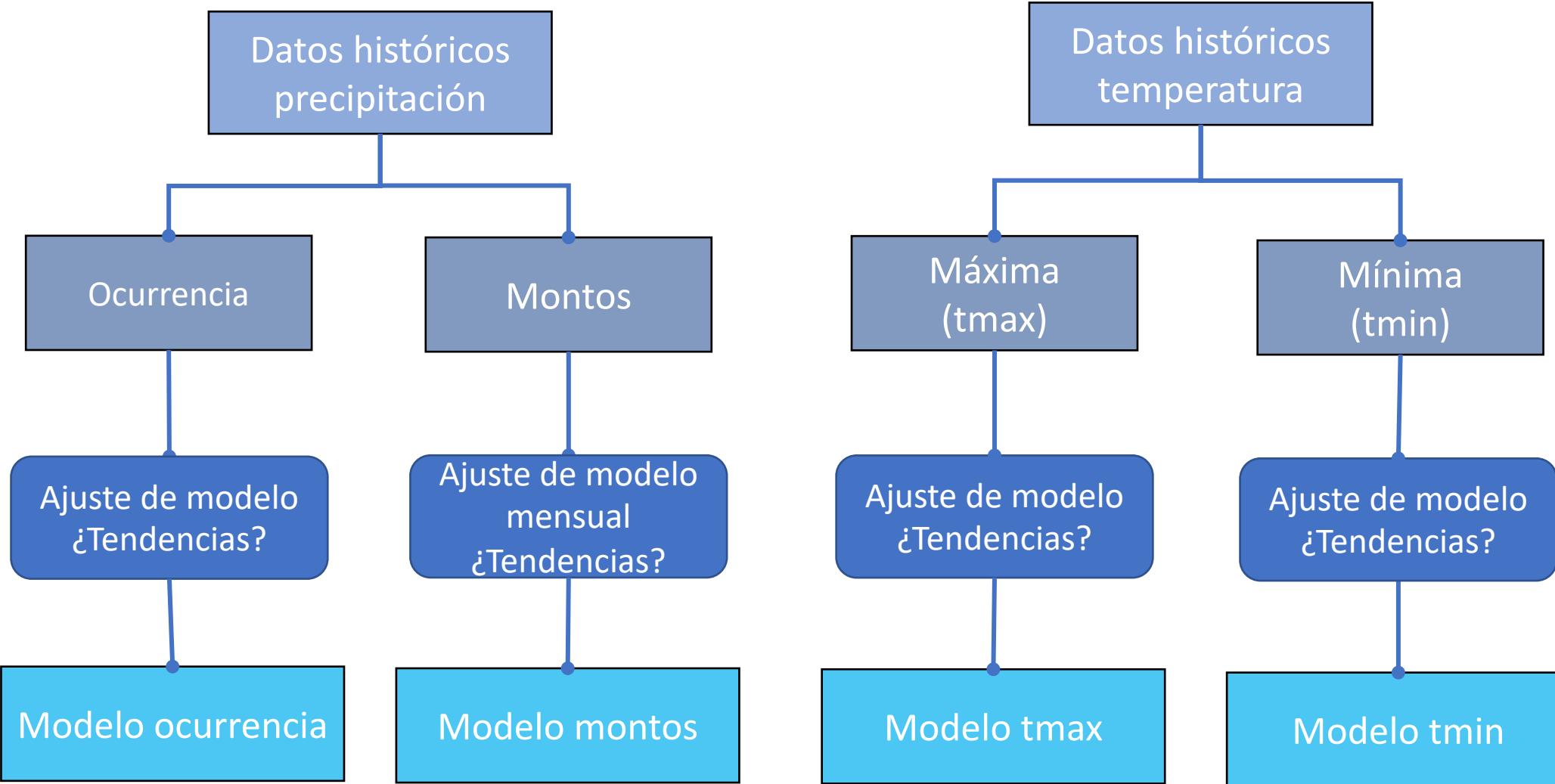


- Línea negra -> clima local (para cada día de 1961)
- Línea naranja -> tiempo local (para cada realización para 1961)

Contenido

- Motivación
- Introducción al generador
- Descripción de modelos para generación
 - Temperaturas: máxima y mínima
 - Precipitación: ocurrencia y montos
- Tipos de series sintéticas
- Validación de series sintéticas
- Ejemplos de aplicación

Metodología: Modelos



Metodología: Componente climática: Ocurrencia de precipitación

$$O_{(s,t)} = \mathbb{I}_{\{W_{O(s,t)} > 0\}}$$

Regresión probit

Si el proceso $W_{O(s,t)}$ es positivo, significa que lloverá en el día t y en la estación s y a ese día se le asignará el valor 1.

Si el proceso $W_{O(s,t)}$ es negativo significa que no lloverá en el día t y en la estación s y a ese día se le asignará el valor 0.

Metodología: Componente climática : Ocurrencia de precipitación

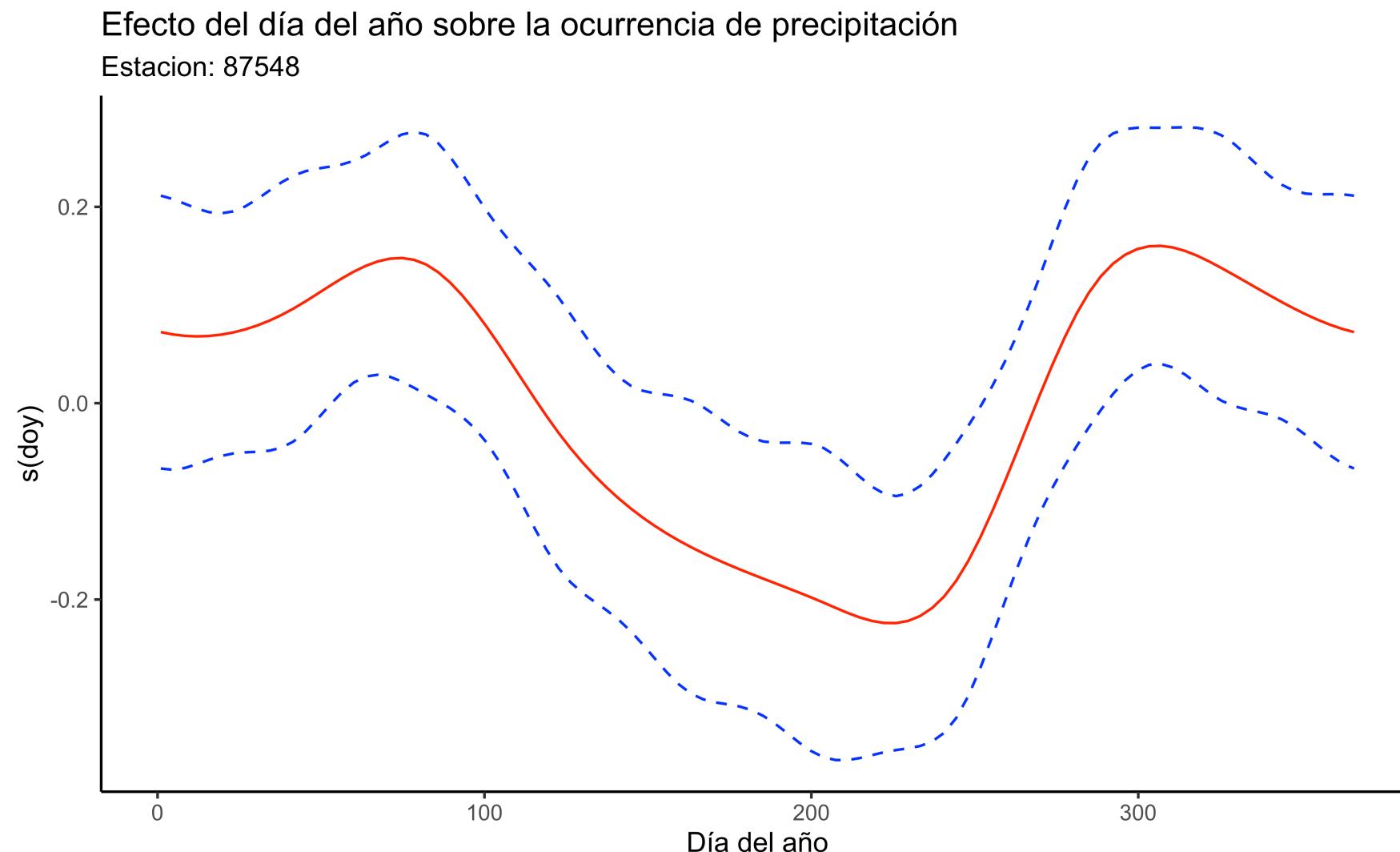
$$O_{(s,t)} = \mathbb{I}_{\{W_{O(s,t)} > 0\}}$$

$$O_{(s,t)} = \begin{pmatrix} s, \\ O(s, t - 1), \\ f(doy(t)), \\ f(ST(t)), \\ f(lon, lat) \end{pmatrix}$$

→ Solo si se usan tendencias
→ Solo para el ajuste espacial

- $O_{(s, t)}$ corresponde a la ocurrencia de lluvia en sitio y día determinado; s corresponde al efecto del sitio s (ordenada al origen)
- $O_{(s, t - 1)}$ corresponde a la ocurrencia del día previo que es un término autorregresivo
- $f(doy(t))$ corresponde a una función cíclica de los días del año para considerar el efecto de la estacionalidad sobre la ocurrencia de lluvia
- $f(ST(t))$ corresponde a una función suavizada de los acumulados estacionales de precipitación
- $f(lon, lat)$ corresponde al par de coordenadas de cada sitio s

Metodología: Componente climática : Ocurrencia de precipitación



Metodología: Componente climática: Montos de precipitación

$$I_{(s,t)} = \left(s, O(s, t - 1), f(ST(t)), f(lon, lat) \right),$$

Distribución Gamma

Solo si usan tendencias

Solo para el ajuste espacial

- 12 modelos mensuales

- $I_{(s,t)}$ corresponde a los montos de precipitación en un sitio y día determinado
- $O_{(s, t - 1)}$ corresponde a la ocurrencia del día previo para considerar la autocorrelación temporal
- $f(ST(t))$ corresponde a una función suavizada de los acumulados estacionales de precipitación.
- $f(lon, lat)$ corresponde al par de coordenadas de cada sitio s

Metodología: Componente climática : Temperaturas máxima y mínima

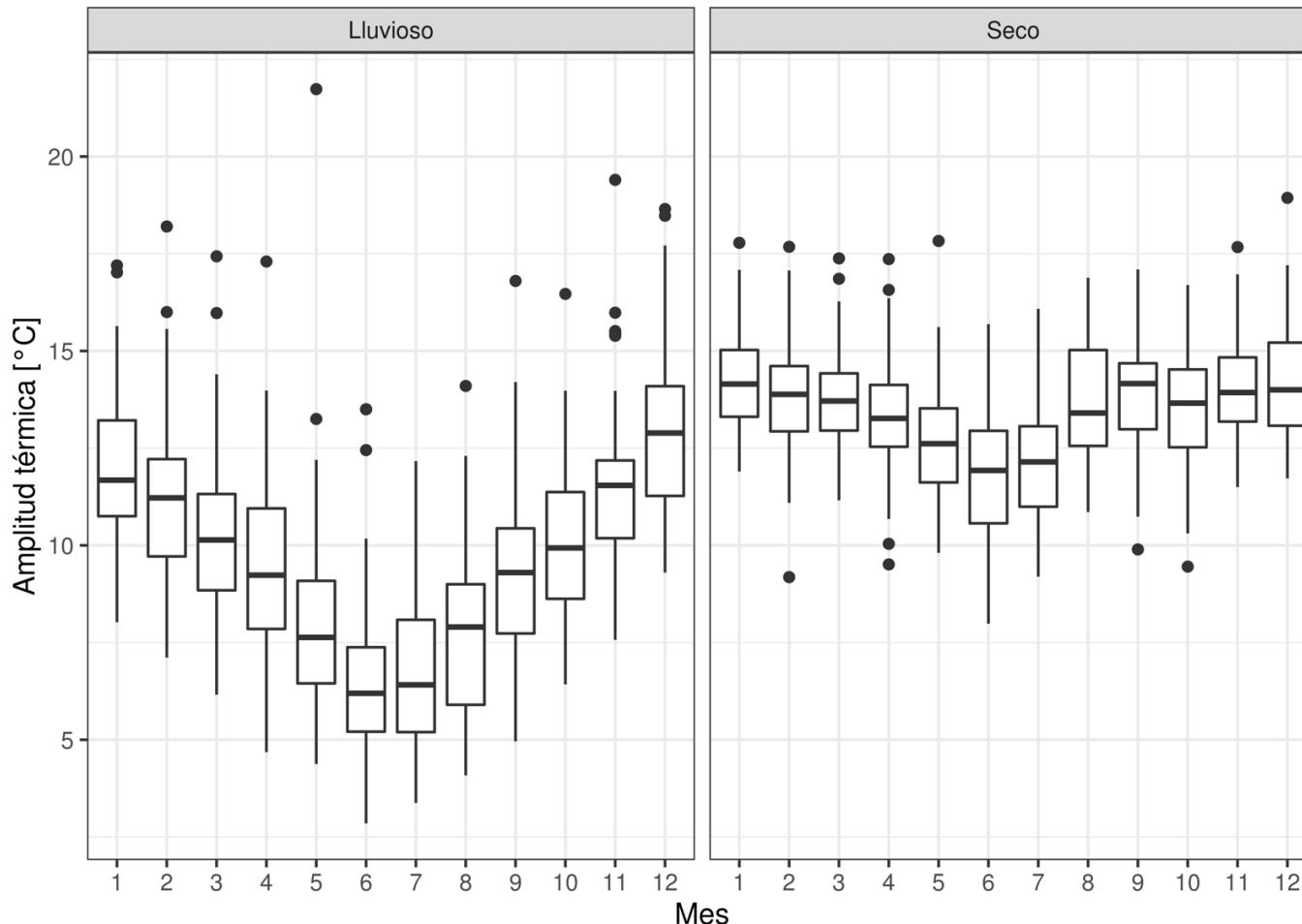
$$X_{(s,t)} = \begin{pmatrix} s, \\ O(s,t), \\ O(s,t - 1), \\ f(T_x(s,t - 1), T_n(s,t - 1)), \\ f(doy(t)), \\ f(SX(t), SN(t)), \\ f(lon, lat) \end{pmatrix}$$

→ Solo si se usan tendencias
→ Solo para el ajuste espacial

- $X_{(s,t)}$ corresponde a la temperatura máxima o mínima en un sitio y momento determinado; s corresponde al efecto del sitio s (ordenada al origen);
- $O_{(s,t)}$ corresponde a la ocurrencia de lluvia en sitio y día determinado; $O_{(s,t-1)}$ corresponde a la ocurrencia del día previo;
- $f(T_x(s,t - 1), T_n(s,t - 1))$ corresponde a una función suavizada de la interacción entre la temperatura máxima y mínima del día previo;
- $f(doy(t))$ corresponde a una función cíclica de los días del año para considerar el efecto de la estacionalidad sobre la temperatura;
- $(SX(t), SN(t))$ corresponde a la interacción entre las medias estacionales de temperatura máxima y mínima;
- $f(lon, lat)$ corresponde al par de coordenadas de cada sitio s

Metodología: Componente climática: Temperaturas máxima y mínima

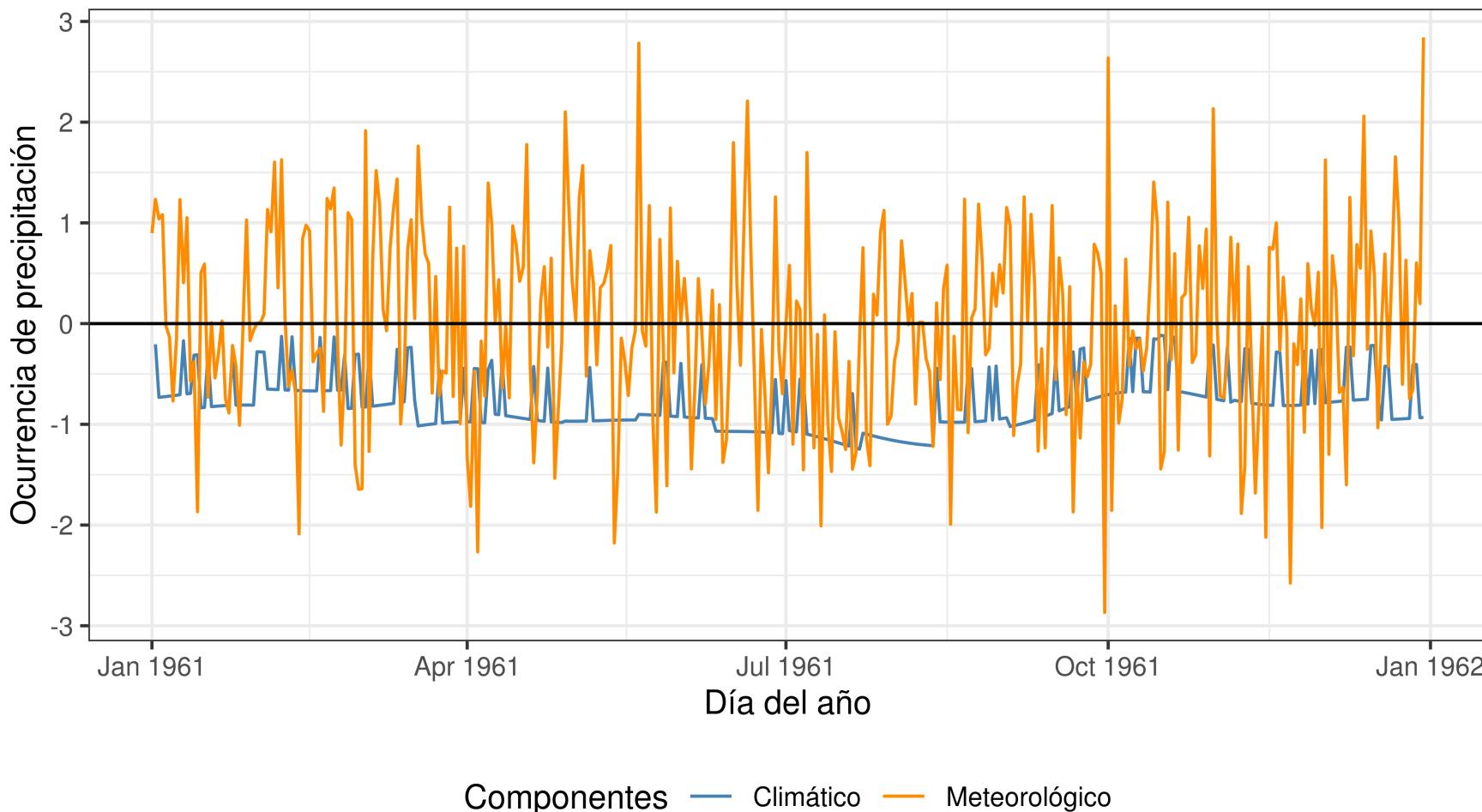
Efecto del tipo de día sobre la amplitud térmica en Junín (Argentina)



Las cajas muestran la variabilidad de la amplitud térmica a lo largo del año y los puntos muestran los valores extremos o outliers. El panel izquierdo muestra la amplitud térmica en los días lluviosos y el derecho para los secos.

Metodología: Tiempo local: Para una estación

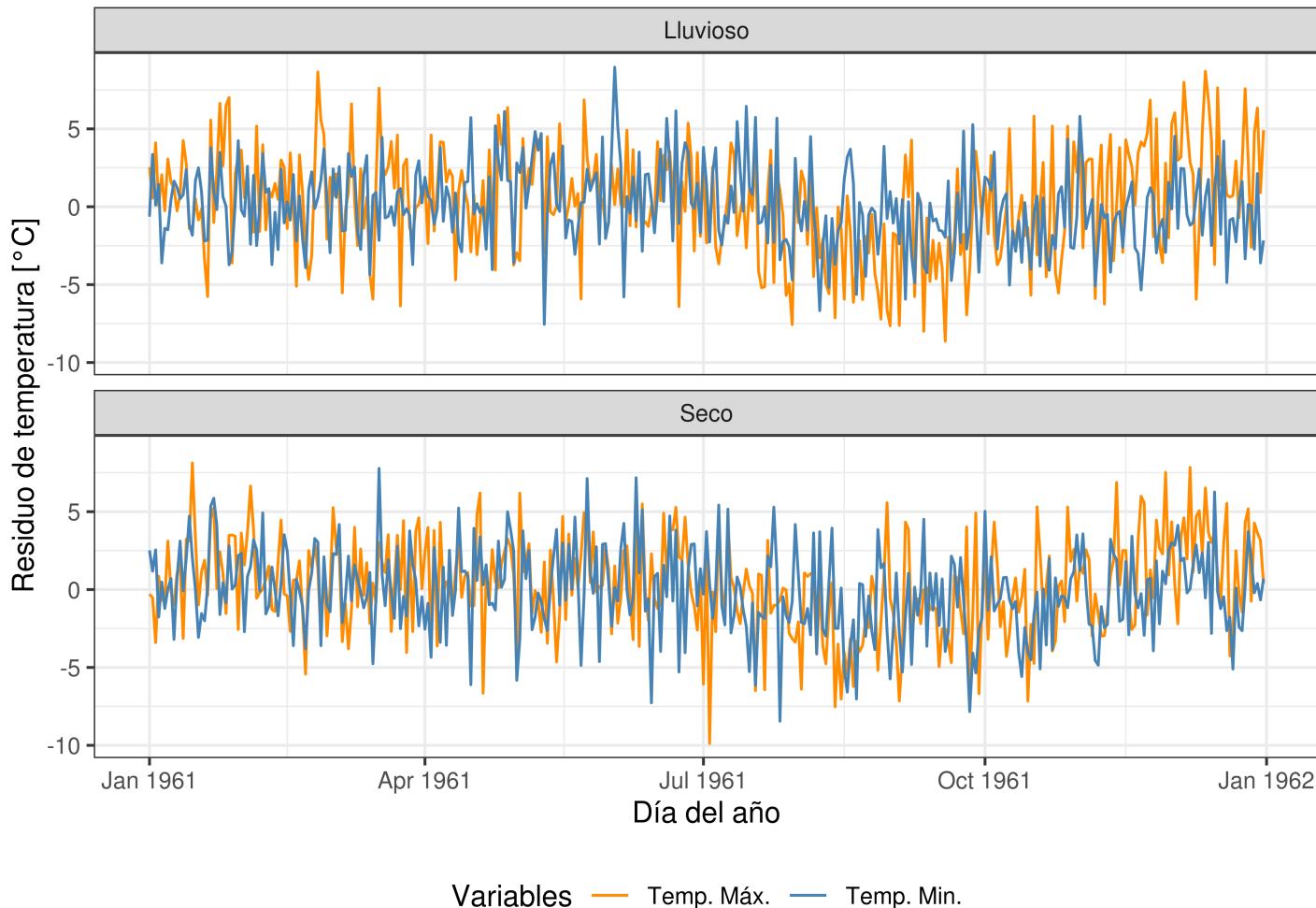
Precipitación



La línea azul muestra el componente climático de la probabilidad de ocurrencia de precipitación. La línea naranja muestra la componente meteorológica de la ocurrencia. La probabilidad de ocurrencia surge de la suma de ambas componentes. Si el valor es positivo, el día será lluvioso y si es negativo, seco.

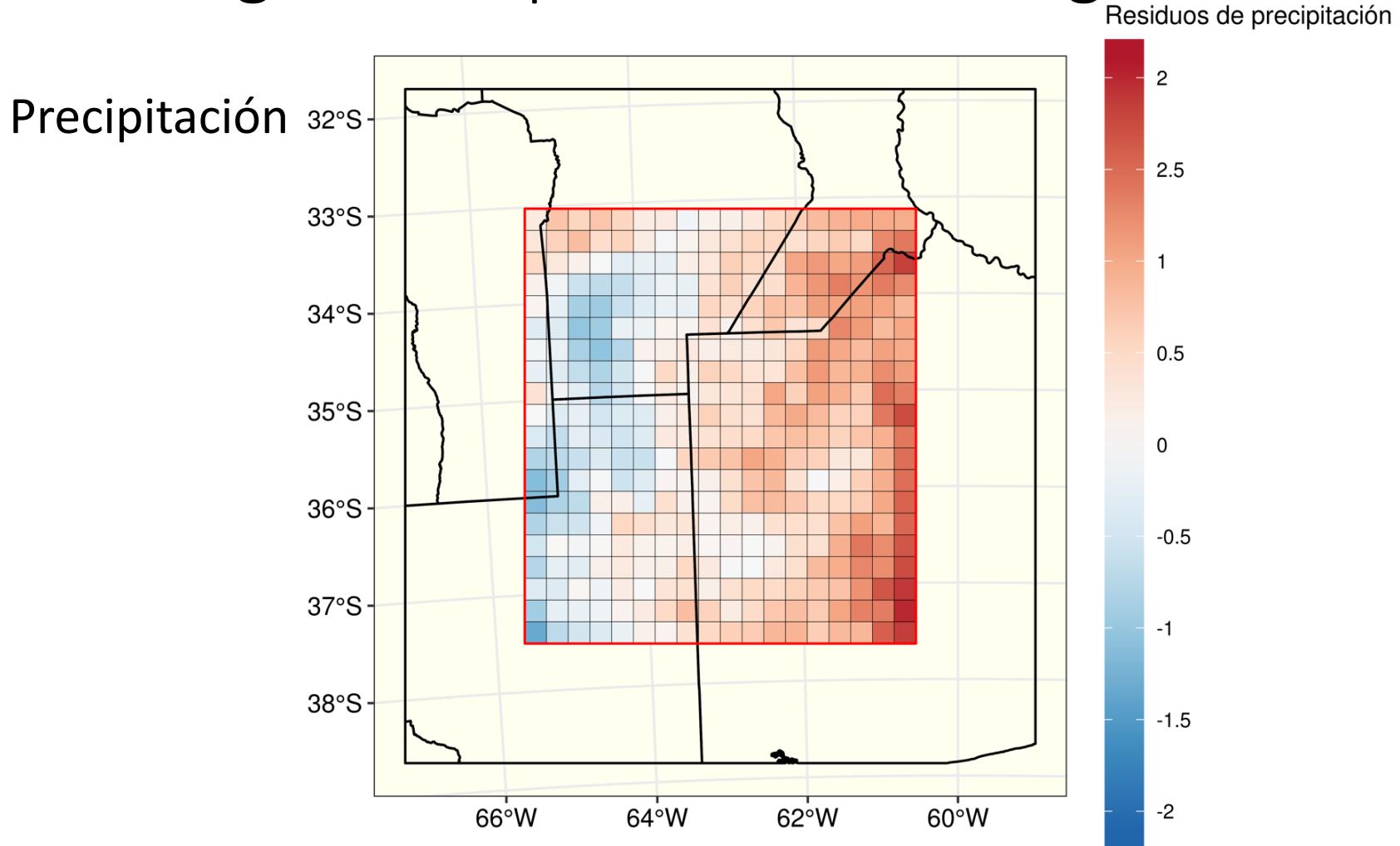
Metodología: Tiempo local: Para una estación

Temperatura



Componente meteorológico (residuos) para la temperatura máxima (línea naranja) y mínima (línea azul) para días lluviosos y secos en Junín. Estos residuos se suman al componente climático de cada variable para simular el valor final de las temperaturas.

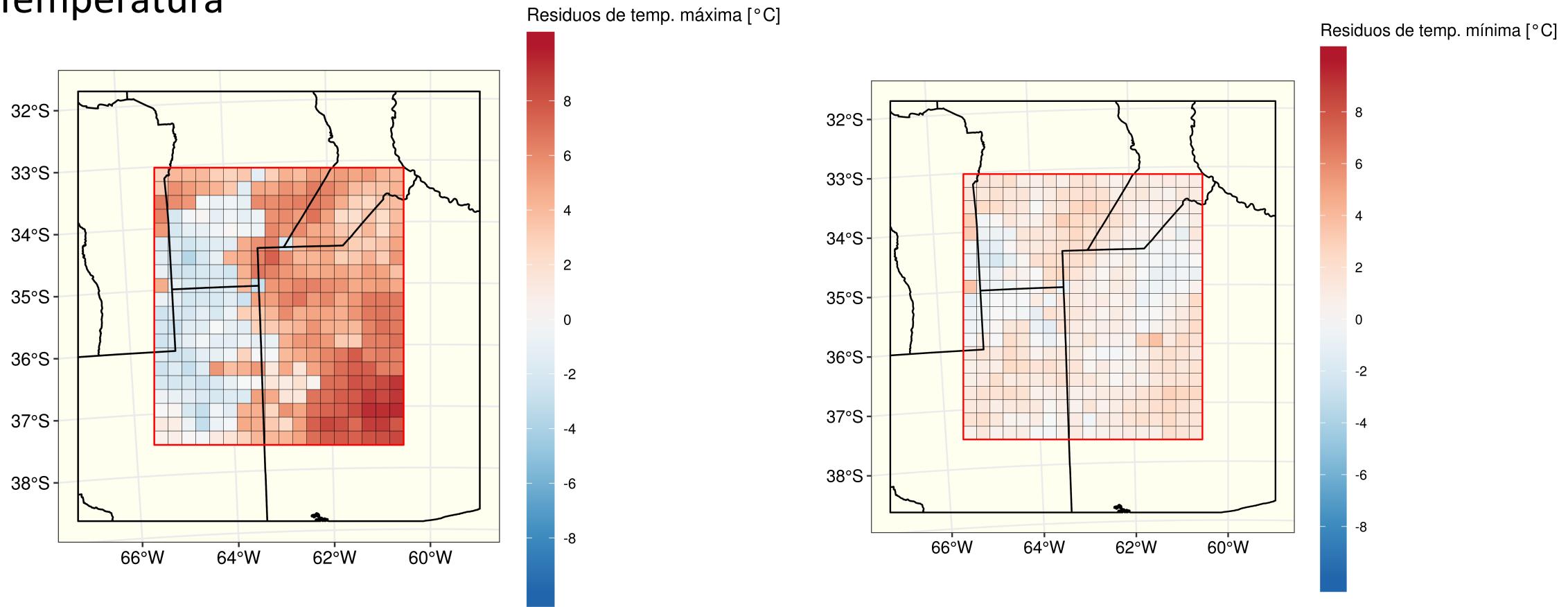
Metodología: Tiempo local: Grilla regular



Componente meteorológico espacial de la precipitación para el día simulado designado como “1 de enero de 1961”. Este campo aleatorio se suma al campo del componente climático de la precipitación para producir un total simulado de precipitación para este día.

Metodología: Tiempo local: Grilla regular

Temperatura



Componente meteorológico espacial de las temperaturas máxima y mínima para el día simulado designado como “1 de enero de 1961”. Estos campos aleatorios se suman los campos del componente climático de temperatura máxima y mínima, respectivamente, para producir un valor de temperatura para ese día.

Contenido

- Motivación
- Introducción al generador
- Descripción de modelos para generación
 - Temperaturas: máxima y mínima
 - Precipitación: ocurrencia y montos
- Tipos de series sintéticas
- Validación de series sintéticas
- Ejemplos de aplicación

Tipos de series sintéticas

- Características espaciales:

- En estaciones meteorológicas
- En sitios puntuales
- Grilla regular

- Características temporales:

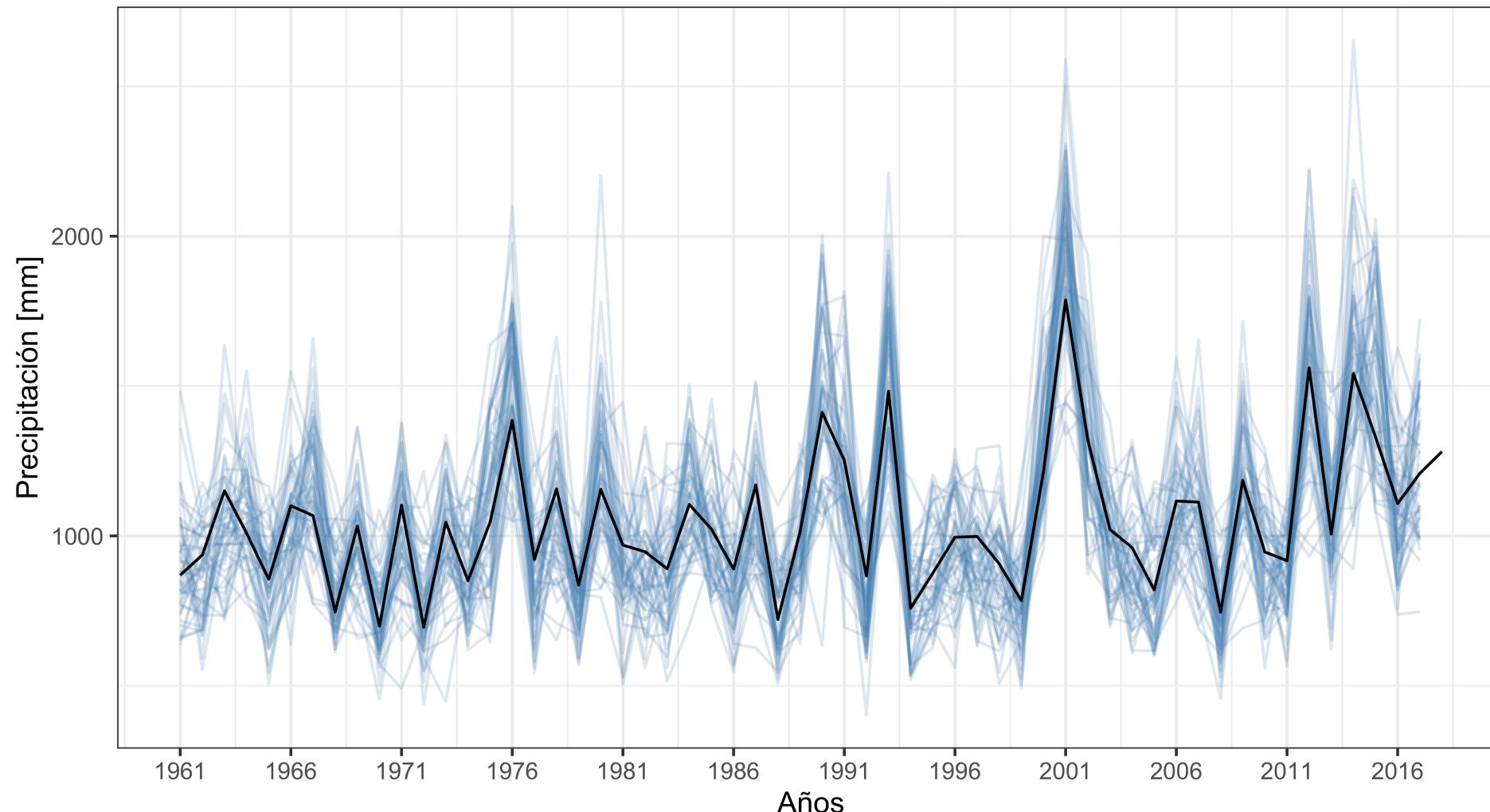
- Series no condicionadas: sin variabilidad de baja frecuencia
- Series pseudo-históricas: con variabilidad de baja frecuencia
- Series condicionadas: pronósticos o proyecciones



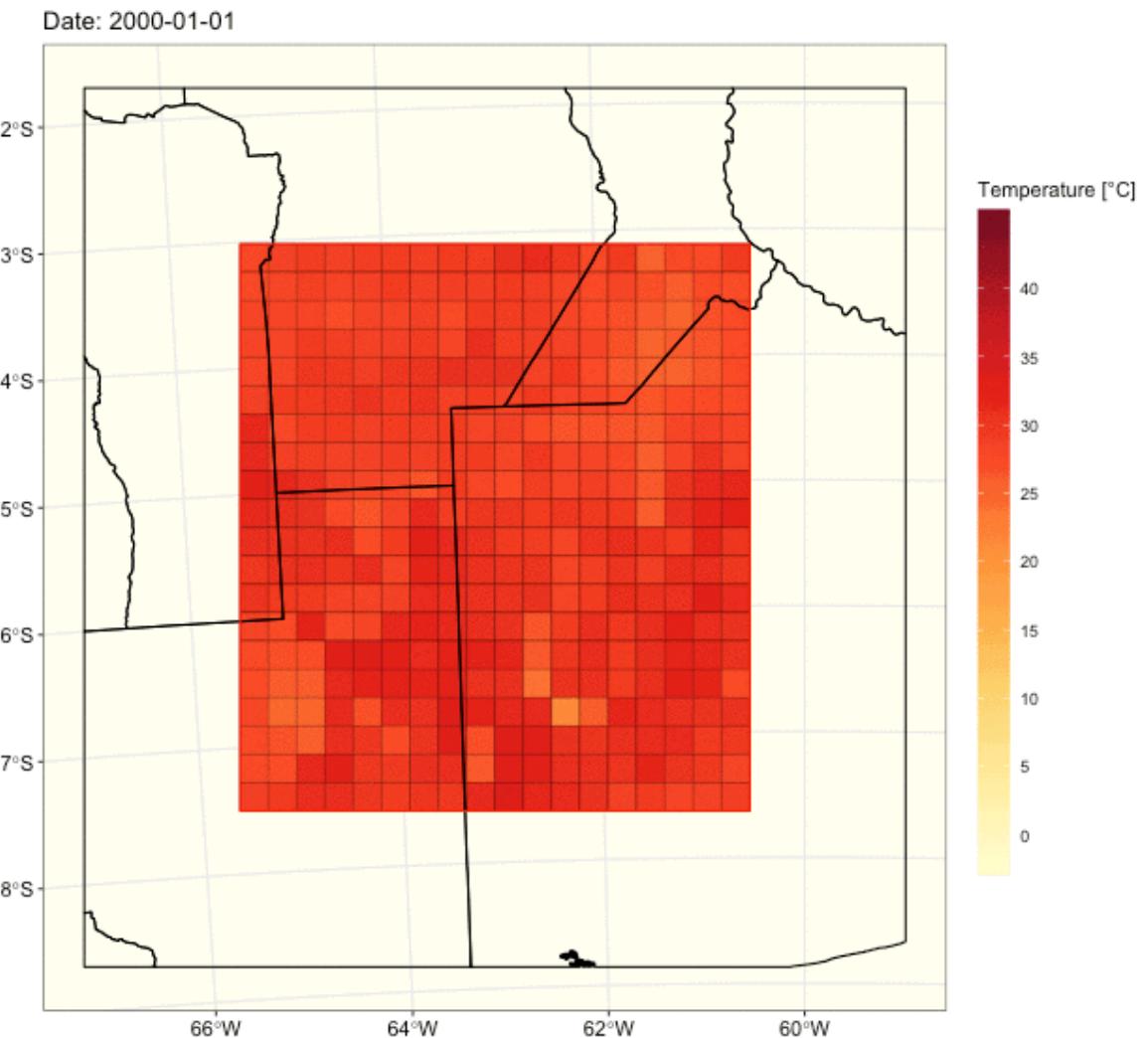
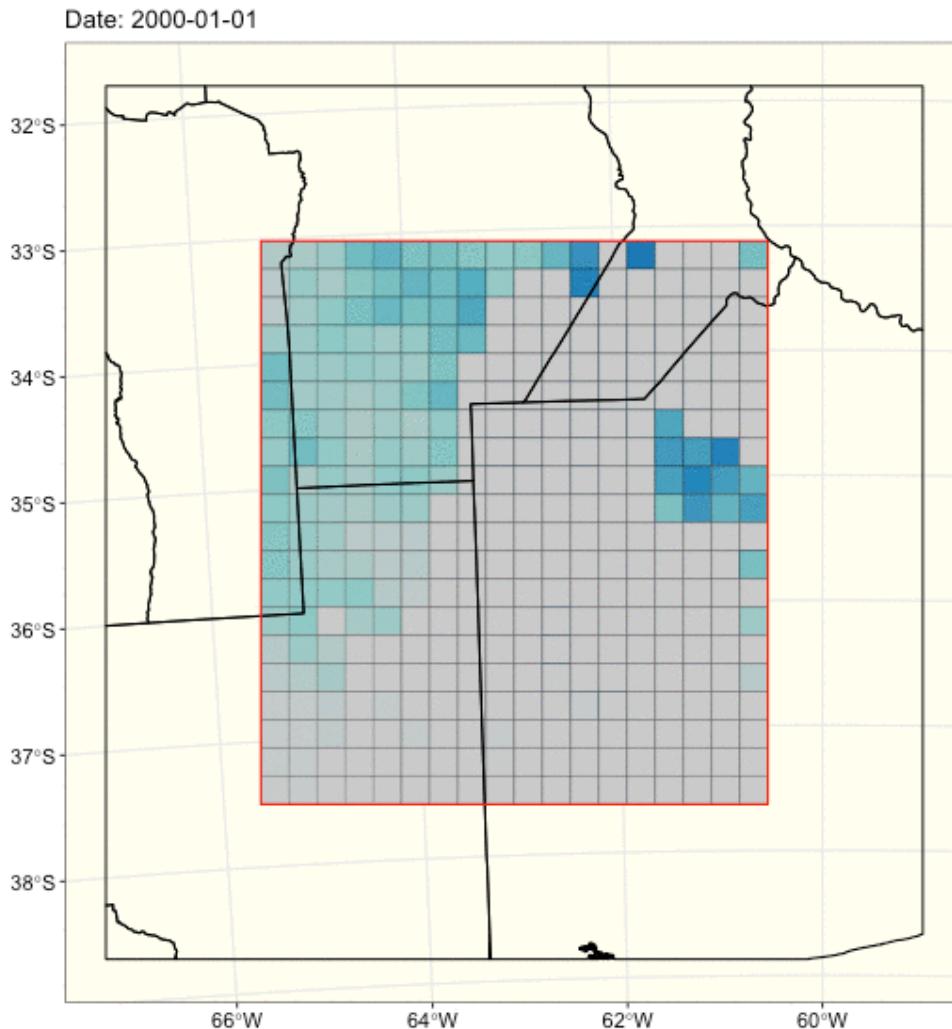
Resultado: Una estación o punto arbitrario

Precipitación anual simulada

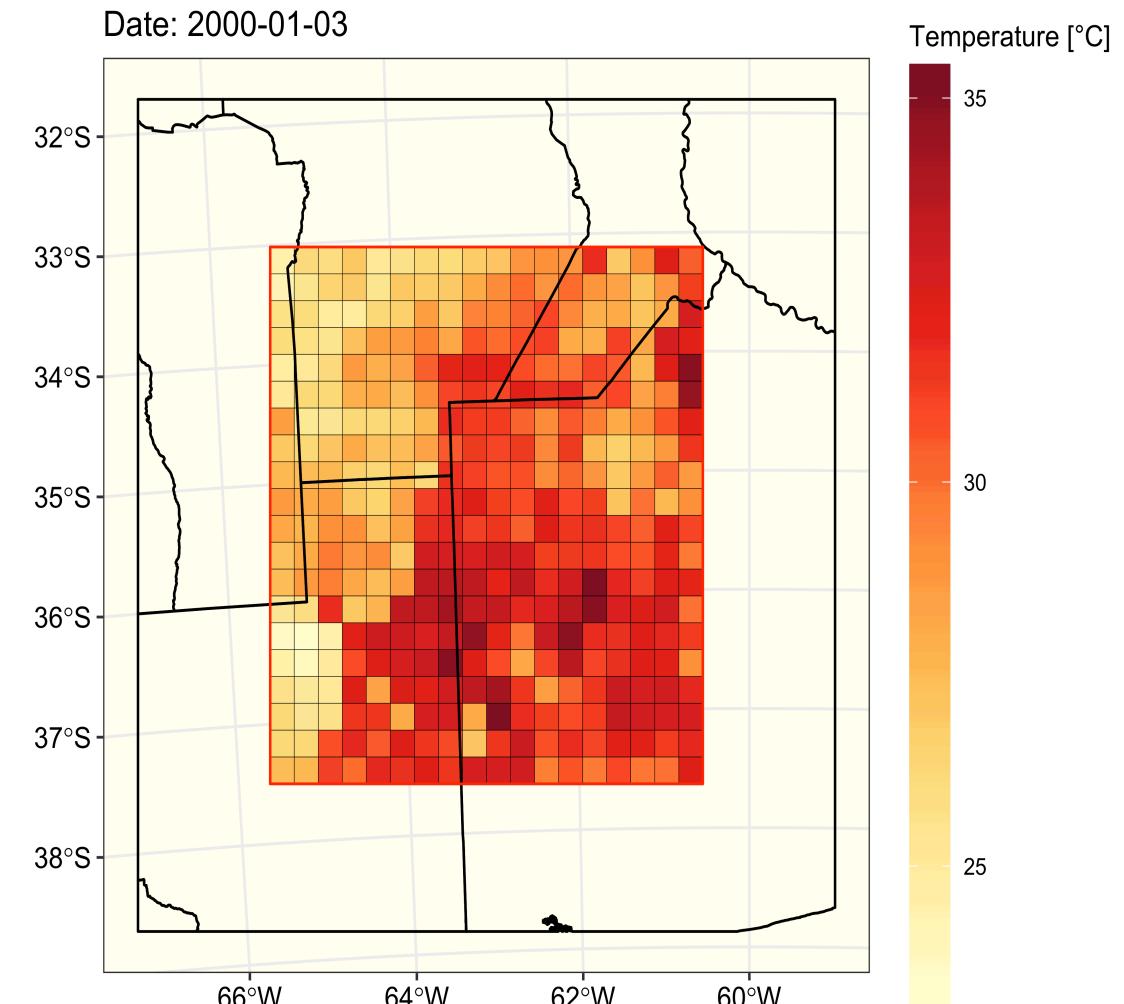
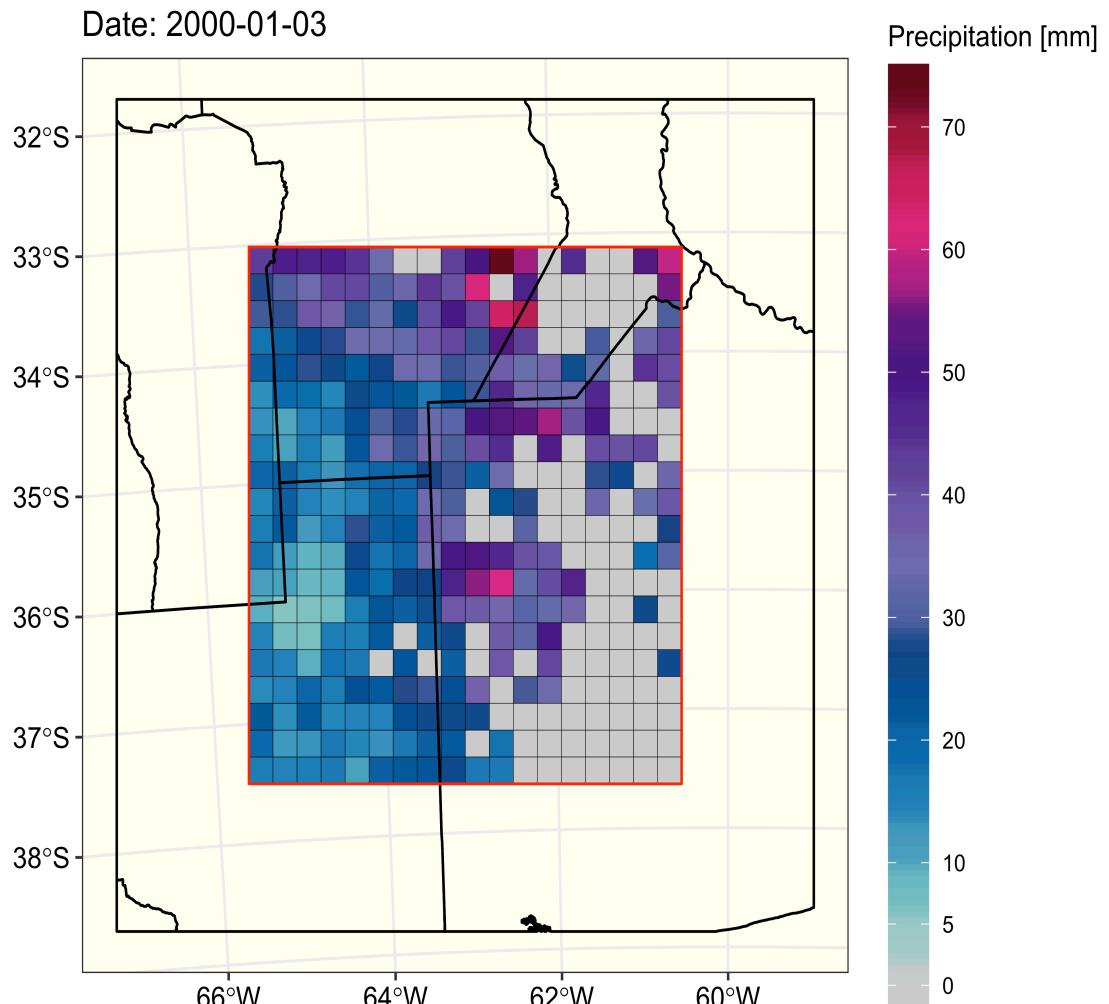
Estacion: 87548



Resultado: Grilla regular



Resultado: Grilla regular



Contenido

- Motivación
- Introducción al generador
- Descripción de modelos para generación
 - Temperaturas: máxima y mínima
 - Precipitación: ocurrencia y montos
- Tipos de series sintéticas
- Validación de series sintéticas
- Ejemplos de aplicación

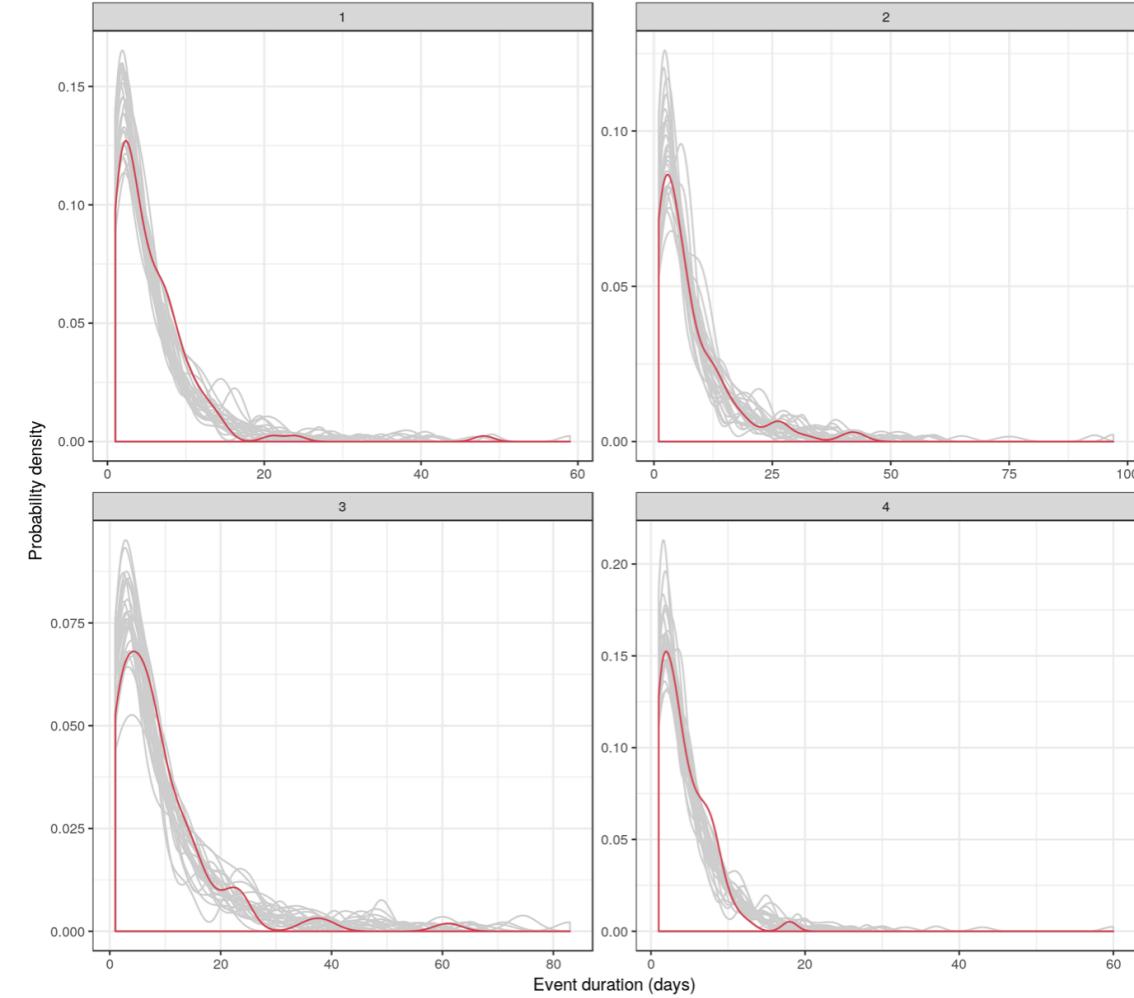
Validación de series sintéticas

- Probabilísticos:
 - Precipitación: día lluvioso, rachas secas, rachas lluviosas, Q-Q plot de montos diarios
 - Temperatura: CDF de mínimas y máximas, Q-Q plot de mínimas y máximas
- Momentos: media, desvío estándar, MAD mensuales
- Rachas:
 - Precipitación: secas, lluviosas
 - Temperatura: frías, cálidas
- Umbrales:
 - Precipitación: días secos y lluviosos
 - Temperatura: días con heladas
- Correlación:
 - Lag 1: temperatura máxima y mínima
 - Lag 0: correlación cruzada entre temperatura máxima y mínima
- Interacción entre temperatura y precipitación

Validación

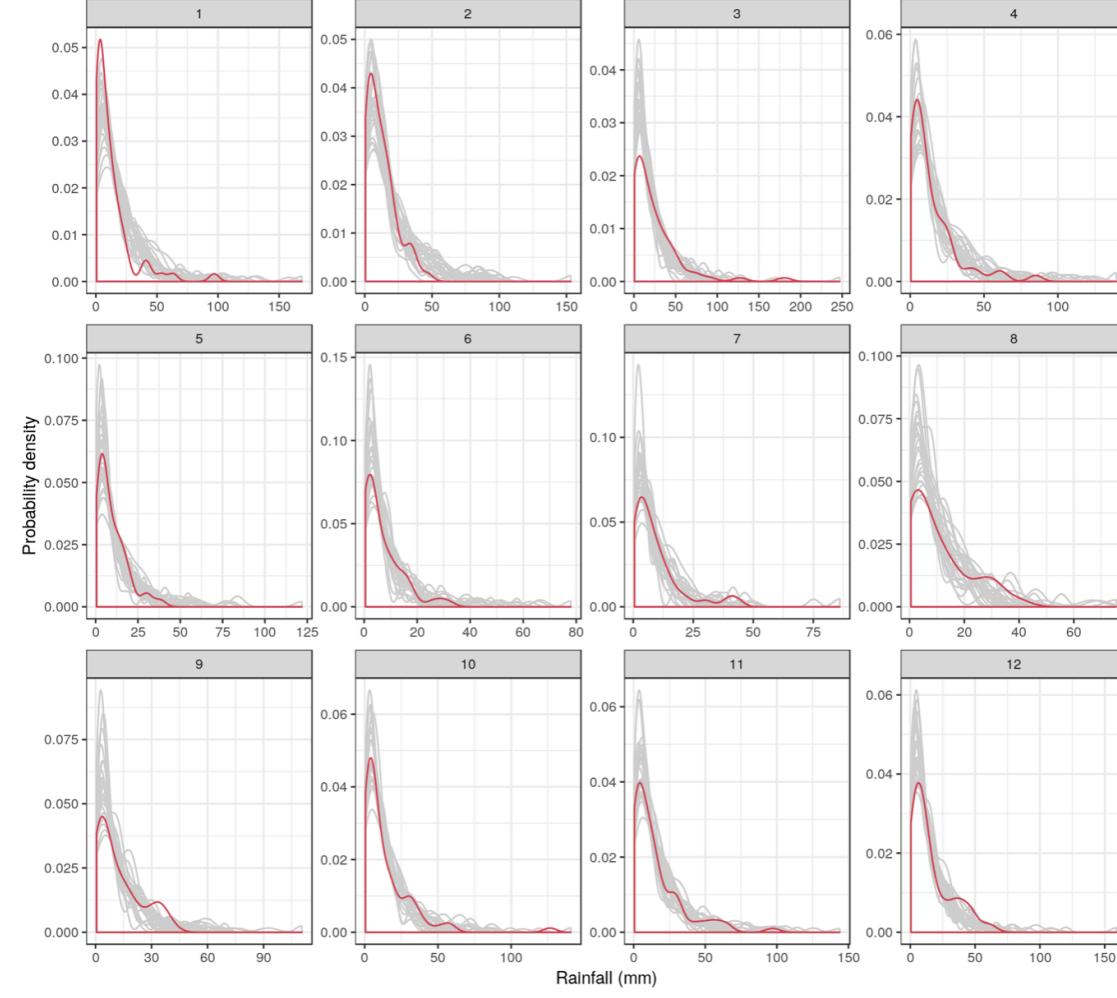
Largo de secuencias secas por trimestre

Dry days spells PDF
Station 87548 (used in model fitting)



Totales mensuales de lluvia

Rainfall PDF by month
Station 87548 (used in model fitting)

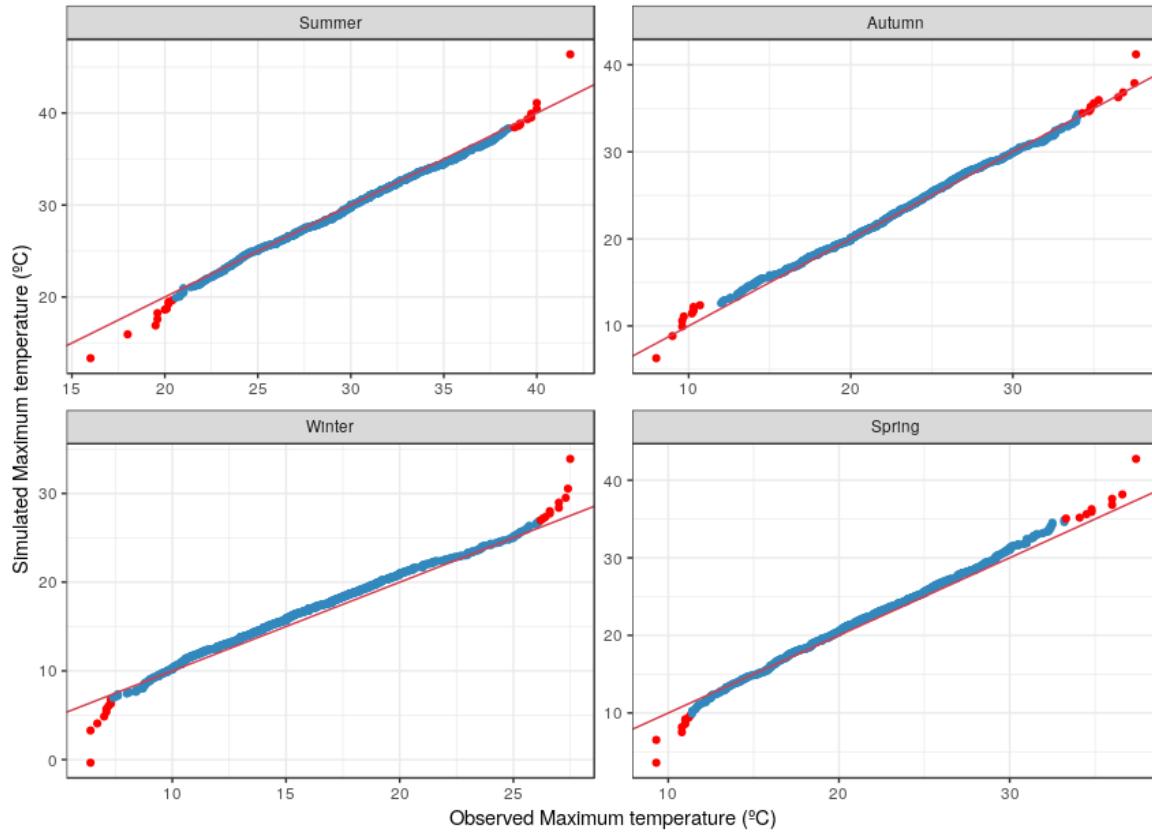


■ Observed ■ Simulated (range)

■ Observed ■ Simulated (range)

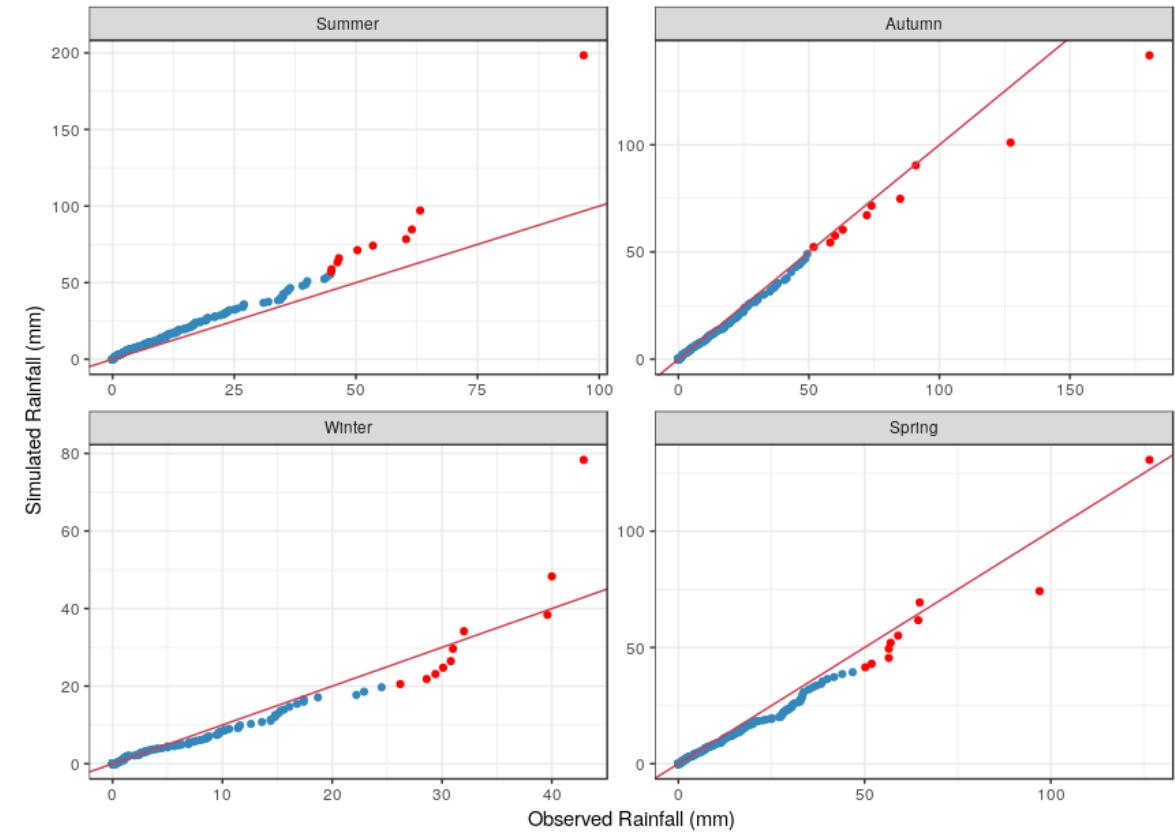
Temperatura máxima diaria por trimestre

Quantile-Quantile plot of daily maximum temperature by quarter
Station 87548 (used in model fitting)



Montos de lluvia diaria por trimestre

Quantile-Quantile plot of daily rainfall by quarter
Station 87548 (used in model fitting)



Pausa de 15 minutos

Ejemplos de aplicación